

APLIKASI MODEL MAPDAS UNTUK SIMULASI KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS MIKRO YANG DIDOMINASI PERKEBUNAN SAWIT

Application of MAPDAS Model for Micro-Watersheds Hydrological Characteristics Simulation Dominated by Oil Palm Plantation

Faqihna Pidin^{1)*}, Suria Darma Tarigan²⁾ dan Budi Kartiwa³⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Pengelolaan DAS Sekolah Pascasarjana IPB University, Kampus IPB Darmaga 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

³⁾ Balai Penelitian Agroklimatologi dan Hidrologi, Balitbang Pertanian Kementerian Pertanian, Jl. Tentara Pelajar Cimanggu Bogor 16111

ABSTRACT

Land use change in the plantation expansion can potentially cause soil degradation leading to drought in the dry season and flooding in the wet season. Hydrological model is important to simulate impact of land use change in the plantation on the discharge fluctuation. This study used MAPDAS Model for simulation purpose. MAPDAS Model uses 4 (four) main simulation input parameters, which are runoff coefficient (Kr), lag time, hydrographic network flow rate, and slope flow rate. The objective of the study are 1) to examine the accuracy of the model in 3 effective-rainfall determination method; 2) to study the hydrology characteristics of micro-watershed dominated by oil palm plantation using MAPDAS Model with 3 effective rainfall determination scenarios. The result showed that the use of MAPDAS Model with rainfall input based on Kr, infiltration index (Φ), and SCS-CN method gave value of runoff coefficient ranged from 12 to 70%. The MAPDAS Model is able to simulate hydrological characteristics with good result, shown by the CE value which is more than 0.7. categorized as high to very high accuracy.

Keywords: *Effective rainfall determination, MAPDAS Model, runoff coefficient (Kr)*

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan dalam ekspansi perkebunan berpotensi menyebabkan degradasi tanah, yang dapat menyebabkan kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim hujan. Model hidrologi sangat penting untuk mensimulasikan fluktuasi debit dari dampak perubahan penggunaan lahan diperkebunan. Penelitian ini menggunakan Model MAPDAS untuk tujuan simulasinya. Model MAPDAS menggunakan 4 (empat) parameter input utama simulasi, meliputi: koefisien aliran permukaan (Kr), waktu jeda, kecepatan aliran jaringan hidrografi, dan kecepatan aliran lereng. Tujuan dari penelitian adalah untuk, 1) Menguji akurasi hasil hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS pada metode penentuan hujan efektif; dan 2) melakukan kajian karakteristik hidrologi DAS mikro khususnya aliran permukaan dengan lahan yang didominasi tanaman kelapa sawit menggunakan Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Model MAPDAS dengan input curah hujan berdasarkan metode koefisien runoff (Kr), indeks infiltrasi (Φ) dan SCS-CN didapat nilai Kr berkisar antara 12%-70%. Model MAPDAS mampu mensimulasikan karakteristik hidrologi dengan baik. Dilihat dari nilai hasil uji CE lebih besar dari 0.7, yang menyatakan bahwa model ini memiliki akurasi yang tinggi sampai sangat tinggi.

Kata kunci: Penentuan hujan efektif, model MAPDAS, koefisien aliran permukaan (Kr)

PENDAHULUAN

Salah satu faktor penting yang mendukung pembangunan pertanian adalah kebutuhan lahan. Kebutuhan lahan pertanian dapat berimplikasi pada perubahan tata guna lahan. Dampak dari perubahan tata guna lahan adalah degradasi lahan dan lingkungan. Degradasi lahan dapat mengakibatkan peningkatan aliran permukaan dan erosi di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) (Banuwa *et al.*, 2008; Junaidi dan Tarigan, 2011; Tarigan, 2016). Perkebunan kelapa sawit sering dianggap menjadi penyebab keringnya sumber air dan peningkatan emisi karbon. Luas lahan yang dialokasikan untuk perkebunan kelapa sawit di daerah tropis akan bertambah secara signifikan pada masa mendatang (Sayer *et al.*, 2012;

Carrasco *et al.*, 2014; Afriyanti *et al.*, 2016; Ditjenbun, 2017). Berdasarkan kajian yang dilakukan di dua kabupaten di Provinsi Jambi, ekspansi perkebunan kelapa sawit umumnya tidak dilakukan pada hutan primer namun pada hutan yang sudah terdegradasi bekas konsesi Hak Pengusahaan Hutan (HPH) (Tarigan *et al.*, 2015).

Penyebab permasalahan kekeringan pada perubahan tata guna lahan pada pengembangan perkebunan salah satunya adalah meningkatnya aliran permukaan. Pola aliran permukaan mempresentasikan kondisi fisik DAS. Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan penelitian kajian karakteristik hidrologi mikro DAS yang didominasi tanaman kelapa sawit dengan menggunakan model hidrologi.

**) Penulis Korespondensi: Telp. +6282178212470; Email: pidin04@gmail.com*

Menurut Jain *et al.* (1997) analisis model hidrologi untuk menganalisa banjir, erosi, sedimen merupakan suatu usaha untuk mensimulasikan sistem hidrologi secara matematis dari curah hujan hingga limpasan permukaan (*stream flow*) yang tergambarkan dalam kurva hidrograf aliran dan biasanya dianalisis melalui permodelan prediksi debit. Salah satu metode yang digunakan dalam simulasi aliran permukaan adalah MAPDAS (Model Aliran Permukaan Daerah Aliran Sungai) yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.

Model MAPDAS adalah model simulasi aliran permukaan skala DAS dengan interval sesaat mendekati *real time* (interval waktu jam atau menit). Model ini menggunakan 4 (empat) parameter input utama simulasi, meliputi: koefisien aliran permukaan (Kr), waktu jeda, kecepatan aliran jaringan hidrografi, dan kecepatan aliran lereng (Kartiwa 2004). Keunggulan model MAPDAS terletak pada keluasan cakupan aplikasinya serta kesederhanaan perhitungannya. Kesederhanaan model ditunjukkan oleh parameter model yang hanya berjumlah 4 dan dapat dikuantifikasi secara mudah pada peta jaringan sungai. Model ini dapat diaplikasikan untuk simulasi aliran permukaan pada DAS besar (>10 000 km²) ataupun DAS mikro (> 10 km²) dengan kualitas simulasinya memadai hingga 90% tingkat kemiripan dan mampu mensimulasikan aliran permukaan dalam beberapa skenario perubahan tutupan lahan. Model aliran permukaan untuk memprediksi resiko banjir dan kekeringan yang efektif adalah kombinasi model MAPDAS dan Sistem Informasi Geografi (SIG) (Mizwar, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Menguji akurasi hasil hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif; dan (2) melakukan kajian karakteristik hidrologi DAS mikro khususnya aliran permukaan dengan lahan yang didominasi tanaman kelapa sawit menggunakan Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari 2017 – April 2018 di DAS mikro di daerah PTPN VI yang terletak 1° 41' 20" LS – 1° 42' 30" LS dan 103° 23' 00" BT – 103° 24' 10" BT (Gambar 1) yang didominasi penggunaan lahan kebun kelapa sawit dengan luas 111 ha. Daerah penelitian terletak di Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: *Digital Elevation Model* (DEM) 15 meter, peta tutupan lahan tahun 2015 yang bersumber dari interpretasi citra Google Earth dan pengecekan langsung di lapang, dan peta tanah dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDL) diterbitkan tahun 2018. Alat yang digunakan berupa seperangkat komputer sistem operasi *Windows* yang dilengkapi dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.1*, *Autocad 2015*, *Microsoft Office 2013*, dan beberapa peralatan penunjang lainnya seperti hobo meter, alat tulis, kamera digital, dan *Global Positioning System* (GPS).

Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan Model MAPDAS yang terdiri dari dua sub model yaitu sub permodelan fungsi produksi dan sub permodelan fungsi transfer. Model MAPDAS mengintegrasikan antara Model H2U (*Hydrogramme Unitaire Universel*) yang merepresentasikan sub model fungsi transfer dengan sub model fungsi produksi dengan menggunakan model Kr, indeks infiltrasi dan SCS-CN.

Sub Permodelan Fungsi Produksi

Sub permodelan fungsi produksi adalah proses yang diperlukan untuk mentransformasi curah hujan menjadi curah hujan netto (hujan efektif). Hujan netto adalah hujan yang tidak dapat ditahan oleh permukaan ataupun diinfiltrasikan ke dalam tanah. Hidrograf hujan netto adalah penting dalam studi transformasi hujan debit (Chow *et al.*, 1988). Penentuan hujan netto pada penelitian ini menggunakan tiga skenario antara lain:

1. Penentuan hujan netto berdasarkan Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (Kr) adalah rasio antara volume aliran permukaan dengan volume presipitasi. Dengan demikian, hujan netto dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Ru = \sum_{m=1}^M Pb_m \cdot Kr \quad (1)$$

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm), Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm), Kr : koefisien aliran permukaan

2. Penentuan hujan netto berdasarkan Indeks infiltrasi (Φ)

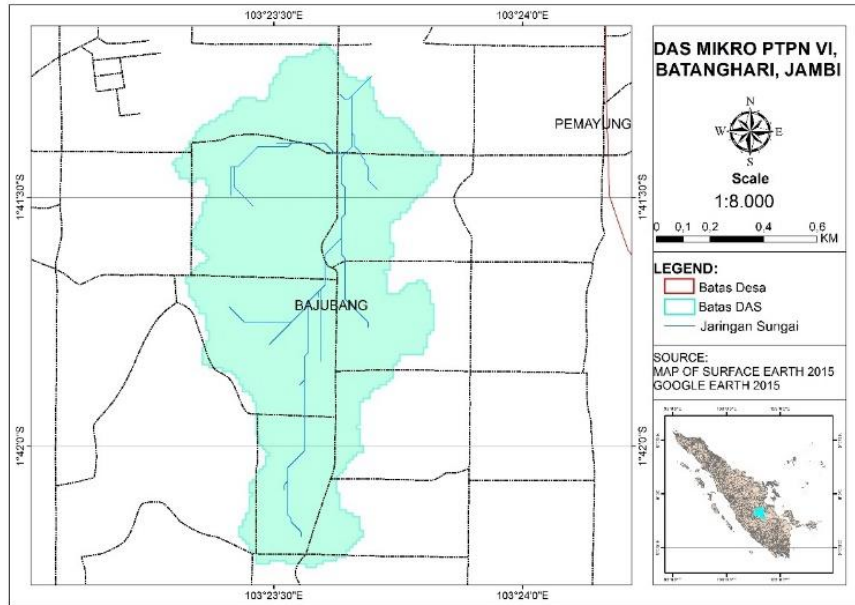
Indeks infiltrasi Φ merepresentasikan besaran kapasitas infiltrasi rata-rata yang menentukan intensitas hujan pada interval tertentu untuk terinfiltrasi atau mengalir sebagai aliran permukaan.

$$Ru = \sum_{m=1}^M (Pb_m - \Phi \Delta t) \quad (2)$$

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm), Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm).

3. Penentuan hujan netto berdasarkan metode SCS-CN

Dinas Konservasi tanah Amerika atau *US Soil Conservation Service* (US-SCS) mengembangkan suatu metode dalam memprediksi aliran permukaan dengan menggunakan karakteristik tanah, vegetasi dan penggunaan lahan. Singh *et al.* (2008) menyatakan SCS-CN merupakan metode yang dikembangkan pada bidang hidrologi, pertanian dan teknik lingkungan. SCS telah mengembangkan satu metode untuk menghitung hujan netto dengan mengenalkan prosedur sederhana disebut teknik bilangan kurva (*curve number*).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Menurut metode ini, aliran permukaan (atau hujan neto) dihitung menurut persamaan :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} - S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

Q : debit aliran permukaan atau hujan neto (mm), P : curah hujan (mm), I_a : kehilangan inisial (mm), S : retensi potensial maksimum (mm), CN : *Curve Number*

Sub Permodelan Fungsi Transfer

Sub permodelan fungsi transfer adalah proses yang diperlukan untuk mentransformasi curah hujan neto menjadi hidrograf debit. Permodelan fungsi transfer yang digunakan dalam penelitian ini adalah model H2U yang telah dimodifikasi (Kartiwa, 2004). Selanjutnya dengan menetapkan kecepatan aliran pada lereng, pdf waktu tempuh butir hujan pada lereng dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_v(t) = \frac{\bar{V}_v}{l_o} \cdot e^{-\frac{\bar{V}_v \cdot t}{l_o}} \quad (4)$$

$\rho_v(t)$: pdf lereng sebagai fungsi waktu t, \bar{V}_v : kecepatan aliran rata-rata pada lereng, l_o : panjang rata-rata jalur hidraulik pada lereng, t : interval waktu

Adapun untuk menghitung pdf waktu tempuh butir hujan pada jaringan sungai, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{RH}(t) = \left(\frac{n \cdot \bar{V}_{RH}}{2 \cdot L} \right)^{\frac{n}{2}} \cdot \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot t^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n \cdot \bar{V}_{RH} \cdot t}{2 \cdot L}} \quad (5)$$

$\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t, n : order maksimum DAS, \bar{V}_{RH} : kecepatan aliran rata-rata

pada jaringan sungai, L : panjang rata-rata jalur hidraulik pada jaringan sungai, Γ : fungsi gamma, t : interval waktu

Untuk mendapatkan pdf DAS, dihitung berdasarkan hasil konvolusi antara pdf lereng dengan pdf jaringan sungai :

$$\rho_{DAS}(t) = \rho_v(t) \otimes \rho_{RH}(t) \quad (6)$$

$\rho_{DAS}(t)$: pdf DAS sebagai fungsi waktu t, $\rho_v(t)$: pdf lereng sungai sebagai fungsi waktu t, $\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t.

Untuk menghitung debit aliran permukaan, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q(t) = S[PN(t) \otimes \rho(t)] \quad (7)$$

Q(t): debit aliran permukaan pada waktu t, S: luas DAS, PN(t): intensitas hujan lebih pada waktu t, $\rho(t)$: pdf waktu tempuh butir hujan pada waktu t dihitung dari pdf panjang alur hidraulik berdasarkan penetapan kecepatan aliran, \otimes : simbol konvolusi

Kalibrasi Model

Proses kalibrasi dilakukan untuk mencari parameter model yang sesuai agar hasil simulasi mendekati dengan hasil yang sebenarnya di lapangan. Kalibrasi dilakukan secara manual yakni pemilihan nilai parameter dilakukan secara *trial and error* sampai menemukan nilai parameter yang cocok, sehingga diperoleh nilai CE yang bagus.

Debit hasil simulasi model akan dibandingkan dengan debit hasil pengukuran menggunakan uji statistik *Coefficient of Efficiency* (Ce) dari Nash dan Stueliffe (1970) yaitu:

$$Ce = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Qp_i - Qs_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Qp_i - \bar{Qp})^2} \quad (8)$$

Dimana \bar{Qp} adalah debit rata-rata pengukuran, Qs adalah debit simulasi model dan Qp adalah debit pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Hidrologi pada Model MAPDAS

Alur hidrolik adalah jalur aliran air yang mengarahkan perjalanan butir dari titik jatuhnya menuju *outlet*. Alur hidrolik pada lereng disimbolkan l_o adalah panjang jalur aliran air dari titik pusat grid, tegak lurus garis kontur hingga menuju jaringan hidrografik (sungai). Adapun alur hidrolik pada jaringan hidrografik (disimbolkan L) adalah panjang jalur aliran air dari titik pertemuan garis l_o dengan sungai hingga menuju *outlet*. Kecepatan aliran pada jaringan hidrografik (V_{rh}) dan pada lereng (V_v) ditetapkan berdasarkan beberapa analisis peta. Data hasil parameter-parameter hidrologi ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Nilai parameter Model MAPDAS dari studi literatur

| Parameter Hidrologi Model | Simbol | Satuan | Nilai |
|---------------------------------------|----------|--------|-------|
| Kecepatan aliran pada jaringan sungai | V_{rh} | m/s | 0.4 |
| Kecepatan aliran pada lereng | V_v | m/s | 0.02 |

Simulasi Debit Dengan Input Curah Hujan Neto Berdasarkan Metode Koefisien Aliran Permukaan (Kr) Pada Model MAPDAS

Hasil *running* model MAPDAS dengan metode Kr untuk melihat hubungan dari pemisahan aliran permukaan dan aliran dasar pada suatu kejadian hujan disajikan dalam Tabel 3. Pemilihan kejadian hujan untuk simulasi ini berdasarkan hujan tunggal yang menghasilkan hidrograf aliran dengan puncak tunggal dan tinggi hujan harian yang melebihi dari 20 mm serta melihat 5 hari sebelum hari kejadian hujannya. Selain itu, model MAPDAS digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai Kr akibat perbedaan kelembaban tanah yang disebabkan karena adanya hujan sebelum hari kejadian hujan yang dipilih.

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa nilai Kr pada hasil simulasi berkisar antara (12% - 70%) yang artinya sebagian (12% - 70%) hujan yang turun di kawasan DAS akan menjadi aliran permukaan sehingga air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah juga hanya sebagian (30% - 88%). Seperti pada tanggal 24 Desember 2017 nilai Kr yang dihasilkan sebesar 70%. Hal ini dapat disebabkan oleh total curah hujan pada saat kejadian sangat tinggi yaitu sebesar 68 mm. Metode ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan, sedangkan faktor laju infiltrasi dan penggunaan lahannya dianggap konstan. Menurut Arsyad (2010) faktor yang mempengaruhi koefisien limpasan adalah laju infiltrasi tanah, penutupan lahan dan karakteristik curah hujan. Kejadian ini sama dengan tanggal 16 Oktober 2017 yang menghasilkan nilai Kr

sebesar 53% yang disebabkan karena curah hujan pada saat kejadian yang tinggi yaitu sebesar 39 mm.

Adapun kejadian hujan tanggal 25 Desember 2017 curah hujan pada saat kejadian nilainya kecil (sebesar 20 mm) tetapi nilai Kr besar (sebesar 51%). Hal ini disebabkan pada satu hari sebelum tanggal kejadian (25 Desember 2017) terjadinya hujan yang besar (sebesar 79 mm) sehingga kondisi tanah masih basah (kelembaban tanahnya masih tinggi). Jika terjadi hujan maka air hujan yang turun akan sedikit yang terinfiltrasi dan lebih banyak yang menjadi aliran permukaan. Pada tanggal 5 Desember 2017 curah hujan tinggi pada saat kejadian sebesar 39.5 mm tetapi nilai Kr rendah sebesar 22%. Penyebab nilai Kr rendah karena pada 5 hari sebelumnya tidak terjadinya hujan sehingga air hujan yang jatuh pada saat itu sebagian besar akan terinfiltrasi dan terintersepsi pada tanaman sawit. Tutupan lahan sawit dewasa sangat rapat sehingga tajuk-tajuk tanaman akan menahan sebagian air hujan yang jatuh. Berdasarkan penelitian dari Tarigan *et al.* (2016) dan Tarigan *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa dari 30 kejadian hujan, nilai intersepsi yang terjadi pada sawit dewasa berkisar antara 20%-34%.

Pada Tabel 3 terdapat Nilai Koefisien Efisiensi (CE) yang berguna untuk mengevaluasi hasil simulasi dengan melihat uji perbandingan antara debit hasil simulasi dengan debit observasi. Nilai CE yang didapat berkisar antara 0.7-0.93. Menurut kriteria Garcia *et al.* (2008) jika nilai $CE > 0.7$, akurasi dari modelnya tergolong baik sampai dengan sangat baik.

Simulasi Debit Dengan Input Curah Hujan Neto Berdasarkan Metode Indeks Infiltrasi (Φ) Pada Model MAPDAS

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan metode infiltrasi indeks dapat dilihat hubungan antara debit simulasi dan debit pengukuran yang dipengaruhi oleh nilai Φ . Metode indeks infiltrasi ini mengasumsikan nilai infiltrasi yang tidak bervariasi terhadap waktu (konstan), sehingga aliran permukaan yang dihasilkan dari curah hujan akan dipengaruhi oleh pengisian cadangan air tanah terlebih dahulu.

Hasil *running* model dengan metode indeks infiltrasi (Tabel 4) terlihat bahwa untuk nilai Φ pada 6 kejadian hujan ini berkisar antara 0.25–0.71 mm/menit. Nilai ini menunjukkan bahwa selama kejadian hujan, air hujan yang turun akan memenuhi cadangan air tanah terlebih dahulu dengan kisaran 0.25–0.71 mm/menit dan setelah itu baru menjadi aliran permukaan. Nilai CE yang didapat dari hasil *running* model antara 0.47-0.94.

Tabel 2. Nilai parameter model MAPDAS dari analisis peta

| Parameter Hidrologi Model | Simbol | Satuan | Nilai |
|---|---------------|--------|--------|
| Panjang alur hidrograf rata-rata pada jaringan sungai | L | m | 927.2 |
| Panjang alur hidrograf maksimum pada jaringan sungai | L_{maks} | m | 1867.1 |
| Panjang alur hidrograf rata-rata pada lereng | l_o | m | 116 |
| Panjang alur hidrograf maksimum pada lereng | $l_{o\ maks}$ | m | 335.4 |
| Orde sungai maksimum | n | | 3 |
| Luas DAS | S | ha | 111 |

Tabel 3 Hasil *running* MAPDAS dengan Metode Kr

| Tanggal | Hujan sebelum kejadian | CH pada saat kejadian | Kr | CE |
|------------|------------------------|-----------------------|-----|------|
| 29/09/2017 | H-2 (0.5 mm) | 32 mm | 30% | 0.93 |
| 13/10/2017 | H-2 (10.5 mm) | 24.5 mm | 42% | 0.84 |
| 16/10/2017 | H-3 (31.5 mm) | 39 mm | 53% | 0.9 |
| 28/10/2017 | H-1 (7 mm) | 29 mm | 12% | 0.91 |
| 05/12/2017 | H-5 (0 mm) | 39.5 mm | 22% | 0.7 |
| 24/12/2017 | H-2 (11.5 mm) | 68.5 mm | 70% | 0.93 |
| 25/12/2017 | H-1 (79 mm) | 20 mm | 51% | 0.81 |

Ket: CH = curah hujan, CE = coefisien of efisiensi, Kr = koefisien aliran permukaan

Tabel 4. Hasil *running* MAPDAS dengan metode infiltrasi indeks (Φ)

| Tanggal | Hujan sebelum kejadian | Total CH 5 hari sebelum | CH pada saat kejadian | Φ (mm/mnt) | CE |
|------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|------|
| 29/09/2017 | H-2 (0.5 mm) | 0.5 mm | 32 mm | 0.35 | 0.8 |
| 16/10/2017 | H-3 (31.5 mm) | 42 mm | 39 mm | 0.35 | 0.94 |
| 28/10/2017 | H-1 (7 mm) | 7 mm | 29 mm | 0.7 | 0.92 |
| 05/12/2017 | H-5 (0 mm) | 0 mm | 39.5 mm | 0.71 | 0.71 |
| 24/12/2017 | H-2 (11.5 mm) | 14 mm | 68.5 mm | 0.25 | 0.93 |
| 25/12/2017 | H-1 (79 mm) | 93 mm | 20 mm | 0.35 | 0.47 |

Ket: CH = curah hujan, CE = coefisien of efisiensi, Φ = indeks infiltrasi

Simulasi Debit Dengan Input Curah Hujan Neto Berdasarkan Metode SCS-CN Pada Model MAPDAS

Berdasarkan hasil simulasi dengan model menggunakan metode SCS-CN akan menunjukkan hubungan antara terjadinya *runoff* dengan pengaruh nilai CN atau Bilangan Kurva (BK) yang diberikan terhadap suatu penggunaan lahan yang terdapat di dalam DAS Mikro ini. Pemberian nilai CN dapat ditentukan di tempat dengan menggunakan salah satu dari tiga cara ini, yaitu (1) sifat fisik tanah, (2) peta tanah detail, dan (3) laju infiltrasi minimum tanah (Arsyad, 2010). SCS telah membuat sistem klasifikasi tanah menjadi empat kelompok hidrologi tanah berdasarkan pada tabel *Hydrologic Soil Group* (HSG) dari USDA (NRCS, 2009). SCS juga membedakan tiga kondisi kandungan air sebelumnya atau dikenal dengan *Antecedent Moisture Condition* (AMC), yaitu kondisi I, II, dan Kondisi III (Schwab *et al.*, 1981). Kondisi ini dipengaruhi oleh data curah hujan 5 hari sebelumnya. Berdasarkan nilai AMC kemudian ditentukan nilai CN pada masing-masing tutupan lahan dan tekstur tanahnya berdasarkan tabel CN.

Nilai CN pada penggunaan lahan sawit untuk kondisi AMC II (CN₂) berdasarkan kriteria CN Schwab *et al.* (1981) adalah masuk pada kategori penggunaan lahan pertanian, jenis penutupan tanaman berjajar, cara pengelolaan kontur, dan kondisi hidrologi buruk. Hasil perhitungan dan penetapan nilai CN yang telah dikonversi dari kondisi CN₂ ke CN₁, dan CN₃ dengan menggunakan rumus menurut Neitsch *et al.* (2011) pada Tabel 5.

Penelitian ini menggunakan ketiga kondisi tersebut. Namun kategori KHT pada penelitian ini hanya kondisi KHT A dan B. Hal ini disebabkan karena tekstur pada DAS mikro ini adalah lom klei berpasir dengan laju infiltrasinya minimum rata-rata lebih tinggi pada gawangan mati (GM) dibandingkan dengan gawangan

hidup. Pada gawangan mati masuk kategori KHT A dengan rata-rata infiltrasi minimumnya sebesar 0.98 cm/menit sedangkan pada gawangan hidup (GH) masuk kategori KHT B dengan rata-rata infiltrasi minimumnya sebesar 0.075 cm/menit. Tabel 6 menampilkan hasil Model MAPDAS setelah *running* dengan menggunakan metode SCS-CN ini.

Tabel 5. Kelompok hidrologi tanah dan *curve number* pada penggunaan lahan sawit di DAS mikro PTPN VI.

| Kondisi AMC | Kondisi Hidrologi Tanah (KHT) | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D |
| CN ₁ | 51.17 | 61.72 | 68.43 | 74.57 |
| CN ₂ | 70.00 | 79.00 | 84.00 | 88.00 |
| CN ₃ | 85.63 | 90.97 | 93.53 | 95.39 |

Berdasarkan Tabel 6 ini dapat dilihat bahwa nilai CN pada gawangan mati itu berkisar antara 51.17–85.63, sedangkan untuk gawangan hidup berkisar antara 61.72–90.97. Hal ini menunjukkan bahwa gawangan hidup lebih besar menghasilkan aliran permukaan daripada gawangan mati pada saat terjadinya hujan. Nilai uji CE yang didapat dari hasil *running* model antara 0.74–0.94. Nilai uji CE pada metode ini dari semua kejadian bernilai di atas > 0.7. Hal ini menunjukkan bahwa model ini memiliki akurasi yang baik sampai sangat baik (Garcia *et al.*, 2008).

Perbandingan Kualitas Simulasi Hidrograf Aliran Permukaan Pada Model MAPDAS Berdasarkan 3 Skenario Penentuan Curah Hujan Neto

Melihat keakuratan hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS antara metodenya pada setiap kejadian hujan dengan melihat hasil uji statistik CE pada setiap metode. Hasil perbandingan uji CE ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil *running* model MAPDAS dengan metode SCS-CN

| Tanggal | Total CH 5 hari sebelum | Kondisi AMC | KHT GM | KHT GH | Nilai CN GM | Nilai CN GH | CE |
|------------|-------------------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|------|
| 29/09/2017 | 0.5 mm | AMC I | A | B | 51.17 | 61.72 | 0.81 |
| 16/10/2017 | 42 mm | AMC III | A | B | 85.63 | 90.97 | 0.91 |
| 28/10/2017 | 7 mm | AMC I | A | B | 51.17 | 61.72 | 0.90 |
| 05/12/2017 | 0 mm | AMC I | A | B | 51.17 | 61.72 | 0.82 |
| 24/12/2017 | 14 mm | AMC II | A | B | 70.00 | 79.00 | 0.79 |
| 25/12/2017 | 93 mm | AMC III | A | B | 85.63 | 90.97 | 0.74 |

Ket: GM = gawangan mati, GH = gawangan hidup, CE = coefisien of efisiensi

Tabel 7. Uji statistik CE hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS berdasarkan 3 skenario penentuan curah hujan neto

| Tanggal Kejadian | Nilai CE Berdasarkan Penentuan Curah Hujan Neto | | |
|------------------|---|--------|--------|
| | Kr | Φ | SCS-CN |
| 29/09/2017 | 0.93 | 0.8 | 0.81 |
| 16/10/2017 | 0.9 | 0.94 | 0.91 |
| 28/10/2017 | 0.91 | 0.92 | 0.9 |
| 05/12/2017 | 0.7 | 0.71 | 0.82 |
| 24/12/2017 | 0.93 | 0.93 | 0.79 |
| 25/12/2017 | 0.81 | 0.47 | 0.74 |

Ket: CE = coefisien of efisiensi, Kr = koefisien aliran permukaan, Φ = indeks infiltrasi

Hasil uji CE menunjukkan bahwa pada kejadian hujan yang sama. Simulasi model pada 3 skenario penentuan hujan neto yang terbaik adalah skenario penentuan curah hujan neto berdasarkan metode Kr. Hal ini menyatakan bahwa penentuan curah hujan neto berdasarkan metode Kr dapat menggambarkan hidrograf aliran seperti keadaan yang sebenarnya.

SIMPULAN

Model MAPDAS dengan input yang sederhana mampu mensimulasikan karakteristik hidrologi dengan baik ditunjukkan oleh nilai uji CE lebih besar dari 0.7. Hasil kajian karakteristik hidrologi DAS mikro menggunakan Model MAPDAS menunjukkan bahwa 12-70% hujan yang turun di kawasan DAS akan menjadi aliran permukaan sehingga proporsi air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah sebesar 30-88%. Variasi nilai koefisien aliran permukaan (Kr) dipengaruhi juga dengan total curah hujan pada saat kejadian dan curah hujan sebelum kejadian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, D., Kroeze, C. and Saad, A., 2016. Indonesia palm oil production without deforestation and peat conversion by 2050, *Sci. Total. Environ.*, 557-558 (2016) 562–570,
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor
- Banuwa, I.S., N. Sinukaban, S.D. Tarigan dan D. Darusman. 2008. Evaluasi kemampuan lahan DAS Sekampung Hulu. *Jurnal Tanah tropika*, 13(2): 145-153
- Carrasco, L.R., C. Larossa, E.J. Milner-Gulland and D.P. Edwards. 2014. A double-edged sword for tropical forests. *Science* 346, 38 DOI: 10.1126/science.1256685.
- Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. *International Edition*. 572 p.
- Ditjenbun, 2017, Indonesian plantation statistics: Oil palm (Kelapa Sawit) 2016-2018, Ministry for Agriculture Republic of Indonesia, Jakarta.
- Gracia, A., A. Sainz, J.A. Revilla and C. Alvarez. 2008. Surface water resource assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain. *J. Hydrol* 356:312-326.
- Jain, S.K., H. Chowdhary, S.M. Seth and R.K. Nema. 1997. Flood estimation using a GIUH based on a conceptual rainfall-runoff model and GIS. *ITC Journal*, 1997-1: 20-25.
- Junaidi, E. dan S.D. Tarigan. 2011. Pengaruh hutan dalam pengaturan tata air dan proses sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS): Studi Kasus di DAS Cisdane. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8(2): 155-176
- Kartiwa, B. 2004. *Modelisation du Fonctionnement Hydrologique des Bassins Versants*. [Disertasi]. (FR): Universite D'Angers.
- Mizwar, Z. 2012. *Aplikasi Model Hidrologi Dalam Penentuan Sistem Panen Hujan Dan Aliran Permukaan Daerah Tangkapan Air Singkarak*. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models Part 1A: discussion of principles. *J. Hydrol.* 10: 282–290.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R. Williams and E.B. Haney. 2011. *Soil and Water Assessment Tool: Input/Output File Documentation, Version 2009*. Temple, Texas (US): Texas Water Resources Institute-Texas A&M University.
- [NRCS] Natural Resources Conservation Service. 2009. *Hydrologic Soil Groups dalam Hydrology National Engineering Handbook Part 630*. USDA. Amerika Serikat.
- Sayer, J., J. Ghazoul, P. Nelson and A.K. Boedhihartono. 2012. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. *Global Food Security* 1: 114-119.
- Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edmister and K.K. Barnes. 1981. *Soil and Water Conservation Engineering*. Third Edition. The Ferguson Foundation Agricultural Engineering Series. United States of America
- Singh, P.K., P.K. Bhunya, S.K. Mishra and U.C. Chaube. 2008. A sediment graph model based on SCS-CN. *J. Hydrol.*, 349 (1): 244-255.
- Tarigan, S.D., K. Wiegand, Sunarti and B. Slamet. 2018. Minimum forest cover required for sustainable water flow regulation of a watershed: a case study in Jambi Province, Indonesia. *Hydrology and Earth system Sciences* 22: 581-594.
- Tarigan, S.D., 2016. Modeling effectiveness of management practices for flood mitigation using GIS spatial analysis functions in Upper Ciliwung watershed IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 31(1): 012030
- Tarigan, S.D., Sunarti and S. Widyaliza. 2015. Expansion of oil palm plantations and forest cover changes in Bungo and Merangin District, Jambi Province,

Indonesia. *Elsevier Procedia Environmental Sciences* 5(6):199-205.

Tarigan, S.D., K. Wiegand, C. Dislich, B. Slamet, J. Heinonen and K. Meyer. 2016. Mitigation options

for improving the ecosystem function of water flow regulation in a watershed. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 8: 4-13.
